

Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf.

Von Prof. Dr. *Wladimir Köppen*, Hamburg.

(Mit Karte, s. Tafel 10 und 8 Figuren, s. Tafel 11.)

I. Fortschritte seit 1901.

Es ist nicht schwer, das Klima eines Ortes in seine Bestandteile zu zerlegen und die Unterschiede im Klima verschiedener Orte nachzuweisen. Aber in der so geschaffenen Mannigfaltigkeit sich zurechtzufinden und die großen Züge darin zu erkennen, ist, namentlich für den Nichtfachmann, recht schwierig.

Wie der Botaniker sich nicht damit begnügen kann, möglichst viele Wurzeln, Blätter und Blüten zu beschreiben, sondern die Pflanze als Ganzes betrachten und die vielerlei Pflanzen in ein übersichtliches System bringen muß, so soll auch der Physiogeograph das Klima im Zusammenhang erfassen und das Verbindende und das Trennende zwischen den Klimaten durch eine großzügige Klassifikation leicht erkennbar machen. Sind auch seine Elemente nicht so greifbar wie Wurzel und Blatt, so sind dafür die physikalischen Vorgänge in ihnen einfacher und meßbarer.

Seit dem Erscheinen meines »Versuchs einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt«¹⁾ im Jahre 1901 sind mehrere Schriften erschienen, die das Problem mehr vom geographischen oder mehr vom biologischen Standpunkt behandeln²⁾. Anwendungen meiner Klassifikation auf einzelne Gebiete sind mir nur bekannt geworden von H. Maurer auf Ostafrika und von Figurovski auf den Kaukasus — beides interessante und schwierige Ausnahmegebiete.

Durch die genannten Abhandlungen ist das Problem in lehrreicher Weise erweitert und näher beleuchtet. Ein genauer Vergleich der Einteilungen der in der Fußnote genannten Verfasser mit der meinigen ist allerdings deshalb nicht möglich, weil sie nur wenige klimatologische Zahlen angeben und, mit Ausnahme von Martonne, auch keine kartographische Darstellung der unterschiedenen Gebiete oder ausreichende Beschreibung ihrer Grenzen liefern.

Am meisten stimmt mit meiner Darstellung diejenige von Hettner überein, die in gewissem Sinne schon vor Erscheinen meiner Arbeit in einer Erdkarte der Pflanzendecke in Spammers Handatlas von ihm niedergelegt war, die mir unbekannt geblieben war (vgl. meinen »Versuch«, vorletzte Seite). Nur verfahren wir verschieden in der Darstellung, Hettner mehr deduktiv, ich mehr induktiv. Beides hat seine Vorteile. Vor-

sicht veranlaßt mich indessen, auch jetzt die induktive Feststellung der Tatsachen in den Vordergrund zu stellen; ist doch der innere Zusammenhang der atmosphärischen Zirkulation in manchen Hauptzügen noch keineswegs sichergestellt.

Die kurze Beschreibung, die Martonne von seinen 30 Klimaten gibt, ist gewiß in allem Wesentlichen richtig. Aber da er für jedes Klima mehrere Züge angibt, ohne zu sagen, welchen er dessen Begrenzung zugrunde legt, ist ein genauer Vergleich seiner Abteilungen mit meinen durch feste Merkmale umschriebenen schwierig.

Eine sehr wertvolle Bereicherung des Bildes der Klimate hat Pencks kurze Abhandlung gebracht, in der er die Frage ausschließlich vom Standpunkt des Verhaltens der wässerigen Niederschläge zum Erdboden behandelt. Auf diesem Gebiete waren ihm Woeikof und Hilgard vorangegangen¹⁾. Ich werde im folgenden suchen, auch diese Beziehungen zu berücksichtigen, soweit sie sich mit den von mir unterschiedenen Klimagruppen sicher verknüpfen lassen.

Die Klassifikation in Drudes Werk, die in dieser Zeitschrift kürzlich von Eckardt besprochen worden ist, bietet, bis auf die verstärkte Betonung des Periodischen, wenig für die Klimatologie Verwendbares.

Sie betrifft Pflanzen, nicht Klimate²⁾. Neben Wärme und Feuchtigkeit führt sie auch das Licht ein durch Anfügung einer großen Pflanzengruppe, für deren Leben die Lichtperiode entscheidend sei. Für die Klimatologie würde die Einbeziehung des Lichts eine vermeidbare Komplikation bedeuten, da die Strahlung auf die meteorologischen Vorgänge ganz vorwiegend durch die Erwärmung wirkt. Bei der Pflanze ist dies natürlich ganz anders. Indessen ist es auch da vielleicht nicht so »unverzeihlich« (Drude, S. 147), wenn de Candolle u. a. für die geographischen Hauptzüge ohne das Licht auszukommen suchten; denn entscheidend ist doch auch hier das Moment, das im Minimum für den physiologischen Bedarf vorhanden ist. Und das ist, unter freiem Himmel, wohl nur selten das Licht, sondern in niederen Breiten das Wasser, in höheren die Wärme.

II. Trennende Merkmale für die Klassifikation.

Da wir es in der Klimatologie fast durchweg nur mit Quantitäten zu tun haben, so muß sie, um bestimmte Grenzen zu erhalten, zu Schwellen, und wenn diese nicht

¹⁾ Hettners Geographische Zeitschrift VI. Auch als Sonderabdruck erschienen (Leipzig 1901, B. G. Teubner). — ²⁾ E. de Martonne: *Traité de géographie physique*, Paris 1909, S. 206—25. — A. Penck: *Versuch einer Klimaklassifikation auf physiogeographischer Grundlage*. (Sitzber. Akad. Wiss. Berlin I, 1910, S. 236—46.) — A. Hettner: *Die Klimate der Erde*. (G. Z. 1911, S. 425, 545, 618, 675.) — O. Drude: *Ökologie der Pflanzen*, Braunschweig 1913, S. 149—62.

¹⁾ A. Woeikof: *Flüsse und Seen als Produkte des Klimas*. (Z. Ges. Erdk. Berlin 1885.) — E. W. Hilgard: *Über den Einfluß des Klimas auf die Bildung und Zusammensetzung des Bodens*. Heidelberg 1893. — Ders.: *Soils ... in the humid and arid regions*. Neuyork 1910 und London 1906. — ²⁾ Die 18 »Klimagruppen« des Buches sind nicht Gruppen von Klimaten, sondern klimatisch bedingte Pflanzengruppen.

willkürlich sein sollen, zu solchen Schwellen greifen, die erkennbare Beziehungen zu andern Naturerscheinungen zeigen. Nun sind freilich diese Beziehungen in Wirklichkeit so äußerst verwickelt, daß wir gar nicht hoffen dürfen, sie durch irgendeine einfache klimatologische Zahl strenge auszudrücken. Wir müssen aber zufrieden sein, wenn unter den vielen zusammenwirkenden Ursachen in der Natur eine so überwiegt, daß sich ein annähernder Parallelismus mit einer klimatologischen Größe herausstellt, auch wenn dieser vielleicht nur ein mittelbarer ist, d. h. eine verwandte Größe an Stelle der eigentlich wirksamen setzt, wenn er nur nicht rein zufällig ist.

Ein gutes Beispiel bietet die Isotherme 10° des wärmsten Monats. Im großen und ganzen fällt sie auffallend gut mit der polaren Grenze des Baumwachses zusammen, wenn diese auch durch den Standort — im engeren und im weiteren Sinne — mannigfach beeinflusst wird. Die Seeküste und das ebene Land sind baumfeindlich; erstere wohl, wie auch bei uns, wegen der stärkeren Winde, letztere wegen des eisigen Grundwassers; steile Flußufer beherbergen die vorgeschobenen Waldposten. Wo aber die Mitteltemperatur des wärmsten Monats unter 10° liegt, fehlt der Baumwuchs ebenso im Gebiet der gewaltigen Jahresschwankung der Temperatur in Ostsibirien, wie in dem gleichmäßigen Seeklima der Südhalbkugel. Wenn Schimper in seiner vortrefflichen Pflanzengeographie die Baumlosigkeit der Falkland-Inseln der Verteilung der Niederschläge über das Jahr, Hann (Klimatologie III, S. 579) dem beständigen Winde zuschreibt, so ist das erstere wohl ein Irrtum, das letztere Moment nur mitwirkend, denn die Mitteltemperatur des wärmsten Monats ist zu Pt. Stanley, wie an der sibirischen Baumgrenze, $9,6^{\circ}$. Die Waldgrenze ist dabei nicht nur sehr in die Augen fallend, sondern für das ganze menschliche und Tier-Leben in hohem Grade bestimmend.

Auch in den Gebirgen niedrigerer Breiten fällt diese Grenze, wie ich in der Fußnote¹⁾ zeige, meistens bis auf

¹⁾ In der folgenden Liste bezeichnet die Zahl vor dem Namen die Höhe der 10° -Isotherme des wärmsten Monats, berechnet unter der Voraussetzung einer Temperaturabnahme von $0,67^{\circ}$ auf 100 m, wie sie für Mitteleuropa zutrifft; die Zahl hinter dem Namen die Höhe der Baumgrenze nach Grisebach (Vegetation der Erde, Leipzig 1872); beides in Hektometern.

Gute Übereinstimmung zeigen: 7,5 Hardanger, Westhang 9,1. — 10,0 desgl. Osthang 10,4. — 13,5 Sudeten 11,7. — 15,7 Böhmerwald 14,6. — 16,5 Tatra 15,6. — Jura 14,9. — Auvergne 14,9. — Nordalpen 17,9. — 17,2 Siebenbürgen 18,2. — 18,0 Zentralalpen 19,5. — Cantabr. G. 19,5. — 19,2 Rocky Mts. (51°) 19,8. — Altai, Südhang 21,1; Nordhang 17,9. — 21 Dolomiten 21,8; Ostpyrenäen 24, Abchasien 21, Sajan 22. — 23 Kaukasus 23. — 25 Cord. Merida 27, Quito 27, Kamerun 23. — 27 Elborus 26. — 30 Kilimandscharo 30. — 37 Arizona 35.

Zu niedrig erscheinen die angegebenen Baumgrenzen im: 10,5 Ural (61°) 7,6. — 13,5 Harz 10,4. — 15,7 Vogesen 13,0. — Schwarzwald 13,6. — 19,2 Krim 13,2. — 21 Karst 15,3; Bosnien 16,2; Alleghanies 13,3. — 23 Athos 17. — 24 Apennin 19,5; Nordkarolina 20,4. — 25 Ätna 20; Südspanien 21. — 27 Cilicien, Südhang 20; Nordhang 23; Libanon 20; Cypern 20; Ararat 23. — Die meisten dieser Gebirge

+ 200 m mit dieser Isotherme zusammen, jedoch so, daß der Wald in Gebirgen, deren Kammhöhe diese Isotherme nicht erheblich überschreitet, darunter zurückbleibt, des heftigen Windes wegen, dagegen bei geringer jährlicher Temperaturschwankung anscheinend über sie hinausgeht; was darauf hinweist, daß vielleicht auch hier, wie bei manchen pflanzengeographischen Erscheinungen, die mittlere Temperatur der Jahreszeit ein besseres Merkmal sein würde, als die des extremen Monats. Nur der Mangel an berechneten Jahreszeitenmitteln hält mich davon ab, diese für die Klassifikation zu benutzen.

Ein Gegenbeispiel liefert die Grenze des beständigen Bodeneises. Sie läßt sich nicht durch einen einfachen klimatologischen Wert kennzeichnen, denn sie fällt nicht, wie Wild annahm, mit der Jahresisotherme -2° zusammen, sondern hängt auch von der Dicke der winterlichen Schneedecke ab¹⁾. Dabei tritt in der ganzen winterkalten Zone das Gefrieren des Bodens als vorübergehende Erscheinung auf und bleibt auf einem großen Raume das Eis im Boden in manchen Jahrgängen erhalten, in wärmeren Sommern nicht. Vielleicht ist dies der Grund, warum die an sich so bedeutsame Erscheinung des Bodeneises sich pflanzengeographisch so wenig bemerkbar macht und seine Ausbreitung nur so ungenau festgestellt ist.

Wenn wir einen so einfachen geographischen Zusammenhang feststellen können wie bei der Baumgrenze, so ist das für die Klimatologie genügend. Sache der Pflanzenphysiologie ist es, festzustellen, wie dieser Zusammenhang geartet ist und wie ein so einfacher Parallelismus entstehen kann, obgleich die Abhängigkeit der verschiedenen Lebensprozesse von der Wärme eine äußerst verwickelte ist, und obgleich das vieljährige Monatsmittel der Lufttemperatur eine Abstraktion ist, die mit der nach Wetter und Tageszeit wechselnden Wirklichkeit nur schwach verknüpft ist und zudem von der Temperatur der besonnten, verdunstenden oder im Boden ver-

erreichen wohl die thermische Baumgrenze gar nicht; Wind und Boden verhindern die Bewaldung ihrer Gipfel.

In den folgenden Angaben, in denen die Baumgrenze scheinbar zu hoch liegt, mögen einige irrige alte Höhenmessungen enthalten sein; bei den Tafelländern dürfte es aber daran liegen, daß die angenommene Temperaturabnahme von $0,67^{\circ}/100$ m zu groß ist; ich setze deshalb in [] die mit einer solchen von nur $0,5^{\circ}/100$ m berechneten Höhen daneben. So bei 33 [44] Abessinien 42. — 31 [42] Mexiko 37. — 30 [40] Himalaya 37. — 27 [36] Guatemala 34; Kostarika 33. — 25 [34] Fremonts Pk 31. — Zweifelhafte steht es mit den Inseln: 25 [34] Sumatra 29, Borneo 27. — 23 [30] Japan (Fuji) 26, ferner 19 [26] den Zentralpyrenäen 23, sowie 17 [22] dem Jablonoy 20.

Nach Imhof (Gerlands Beiträge 4) liegt die Waldgrenze in der Nordschweiz bei 16 hm, im Oberengadin bei $21,5$ hm, ersteres 150 m niedriger, letzteres 140 m höher als das Juli- 10° -Mittel, das nur um 2,5 hm zum Zentralmassiv ansteigt (Rigi, Säntis mit Sils-Maria verglichen). De Quervain (Gerlands Beitr. 6) vergleicht sie daher mit der Juli-Mittags-temperatur, deren Ansteigen das ihre noch etwas übertrifft. Mikula bestätigt diesen Parallelismus für die Ostalpen (vgl. Peterm. Mitt. 1914 u. Met. Zeitschr. 1914, S. 295).

¹⁾ Die Angabe in der Nordlichtkarte von Fritz (Peterm. Mitt. 1874, Taf. 18) ist nach neueren russischen Quellen stark zu ändern.

senkten Pflanzenteile mannigfach abweicht. Stellt die Biologie dabei Fragen an die Klimakunde, so muß diese freilich sie zu beantworten suchen.

Auch an andern Stellen erweisen sich zum Glück die jetzt so massenhaft in der Literatur vorhandenen Monatsmittel der Lufttemperatur, passend ausgewählt, als recht guter Ausdruck für den, sicher nicht einfachen, Einfluß der Wärme auf die großen Züge des organischen und anorganischen Lebens auf der Erde. Sie sind daher als Hauptstützen für das im folgenden darzulegende System der Klimate benutzt.

Viel schwieriger ist die, doch unbedingt notwendige, Berücksichtigung des Wasserkreislaufs. Das Wichtigste darin, die Menge und Bewegung des Wassers im Boden in ihrer Abhängigkeit von Niederschlag und Verdunstung, kennen wir leider bis jetzt nur sehr unvollkommen, und die Schwierigkeit ihrer Feststellung gibt auch nur wenig Aussicht auf baldige Gewinnung eines ausreichenden Beobachtungsmaterials hierüber. Wir müssen uns daher zur Gewinnung eines zusammenhängenden geographischen Bildes damit begnügen, besser zugängliche Teile dieses Kreislaufs in solcher Weise darzustellen, daß sie uns ein annäherndes Spiegelbild des Gesuchten geben.

Das Nächstliegende sind natürlich die gemessenen Regenhöhen, für die das veröffentlichte Material bereits riesengroß ist. Für den Wassergehalt des Bodens, überhaupt für die Unterscheidung eines »feuchten« oder »trocknen« Klimas bieten sie freilich allein nur wenig Anhalt. Denn dafür sind die Zeiten und Umstände ihres Fallens und die Größe der Verdunstung mitentscheidend. Bei gleicher Regenmenge wachsen in Sibirien Urwälder und in Nordafrika nur ausgesprochene Wüstenpflanzen. Das ist einer der Gründe, weshalb ich, wie Supan sagt, eine Vorliebe für die Angabe der Regentage habe¹⁾. Zehn Tage mit Regen bringen bei uns im Durchschnitt 4 cm Regenhöhe; aber die Bedeutung von zehn Regentagen für die Vegetation und für den Zustand des Bodens ist, so verschieden sie auch sein kann, dies doch lange nicht in dem Maße, wie die von 40 mm Regenmenge, je nachdem ob diese in einem oder vierzig Tagen und bei 0° oder bei 30° Wärme gefallen sind. In der Tat läßt sich die Grenze zwischen Wald und Steppe klimatologisch viel eher durch die Zahl der Regentage, als durch die Regenmenge allgemein definieren. Natürlich ist aber auch dieses nur ein Notbehelf, schon darum, weil in Klimaten mit häufigen schwachen Niederschlägen die Zahl der Regentage je nach der Art der Zählung verschieden ausfällt. Ich habe deshalb, um das viel größere und zugänglichere Material über Regenmengen zu benutzen, mich beim Entwurf der neuen Karte auf eine möglichst einfache Verbindung von diesen mit den mittleren Temperaturen gestützt (s. unten). Es ist zwar

¹⁾ Der zweite, noch entscheidendere Grund ist der Umstand, daß wir nur mit ihrer Hilfe ein zusammenhängendes Bild über die ganze Erde, einschließlich der Weltmeere, erhalten können, da Regenmessungen von Schiffen sehr schwer erhältlich sind.

zu hoffen, daß mit der Zeit ein rationellerer Ausdruck für diese Verknüpfung wird gefunden werden können, aber vorläufig genügt der gewählte, der den Vorteil hat, auf für die meisten Punkte der Erde annähernd bekannte Größen begründet zu sein.

Wenn wir uns nach einem Maßstab für die Brauchbarkeit der klimatologischen Größen als Grenzen für Klimagebiete umsehen, so drängt sich uns ungesucht ihre Wichtigkeit für den Menschen selbst auf. Wir müssen zwar die einseitige Auffassung des Wortes Klimatologie von ärztlicher Seite ablehnen, die daraus ungefähr eine Kurortlehre machen möchte, aber wir lassen uns die Definition Humboldts gern gefallen, daß das Klima »alle Veränderungen in der Atmosphäre umfaßt, die unsere Organe merklich affizieren«; denn sie gibt, wenn sie auch unsere mittelbare Beeinflussung einbezieht, einen richtigen Begriff von der Wichtigkeit der Klimatologie. Mit andern Worten (Hann): Klima ist die Gesamtheit der meteorologischen Bedingungen, die das tierische oder pflanzliche Leben direkt oder durch ihre Wirkung auf die feste Erdkruste beeinflussen«; und da wir dabei unter Klima den einer bestimmten Gegend entsprechenden mittleren Zustand verstehen, so beziehen wir das Wort natürlich vorzugsweise auf den von Menschen ständig oder zeitweise bewohnten Teil der Erdoberfläche, nicht auf die freie Atmosphäre oder das Meer.

Was sind nun die größten Züge im Klimabilde der Erdoberfläche in diesem Zusammenhang?

III. Die Hauptzüge des Klimabildes der Erde.

Das Lebensgebiet der Erde — die Biochore — wird nach zwei Seiten eingengt, von den Gebieten des Kältetodes und des Dursttodes — der Kryochore und der Xerochore —, den Reichen des ewigen Schnees und der Trockenwüsten. Aus der Biochore schneiden wir zunächst die Überganggebiete nach beiden Seiten — die Tundren nach der einen, die Steppen nach der andern — heraus, die sich durch das Fehlen hochwüchsiger Bäume kennzeichnen; wir können das erstere (das Tundrangebiet) die Bryochore (von βρυον, Moos), das letztere (das Steppengebiet) die Poëchore (von ποα, Gras), nennen¹⁾. Der große Rest des Lebensreiches ist das Baumgebiet, die Dendrochore, meteorologisch durch ausreichende Regen, sei es zu allen Jahreszeiten oder in regelmäßigen Regenzeiten, ausgezeichnet.

Als man im Altertum von der Erde nur den Raum zwischen der Sahara und Skandinavien kannte, mußte man glauben, daß das Lebensgebiet auch räumlich zwischen den Reichen des Durstes und des Frostes eingeschaltet sei und nur die mittleren Breiten der Erde einnehme. Die Erfahrung hat dann gezeigt, daß hinter der Trockenzone eine zwar nicht noch heißere, aber winterlose Zone reichsten Pflanzenlebens liegt, und daß die Trockengebiete als zwei unvollständige — an

¹⁾ Selbstverständlich ist beides nicht streng zu verstehen und gehören neben den Moosen die Flechten, neben den Gräsern die Stauden und Dornsträucher mit zum Bilde.

der Ostseite der Kontinente unterbrochene — Gürtel längs den Wendekreisen angeordnet sind.

Innerhalb des ausgedehnten Baum- oder Regengebiets machen sich nach drei Hinsichten große Verschiedenheiten geltend: nach der Temperatur, dem Regenfall und dem Gange der Jahreszeiten. Sieben Hauptgruppen seiner Klimate können wir erkennen, die sich zwischen Äquator und Pol in drei Gürtel abnehmender Temperatur von wechselnder Breite einordnen, nämlich in (A) den winterlosen oder megathermen, (C) den warm gemäßigten oder mesothermen und (D) den winterkalten oder mikrothermen Gürtel. Zwischen A und C schaltet sich die Trockenzone B ein.

Die mesotherme (warme) Zone umfaßt drei Klimagruppen, je nachdem eine trockne (niederschlagsarme) Jahreszeit fehlt oder in der warmen oder in der kalten Jahreshälfte auftritt. Für die beiden andern Zonen vereinfacht sich dies auf nur je zwei Gruppen, weil in der megathermen Zone der Temperaturunterschied der Jahreszeiten so gering ist, daß es von geringem Belang ist, in welche Monate die Trockenzeit fällt, und weil in der mikrothermen Zone Klimate mit sommerlicher Trockenzeit fehlen. Wir erhalten so sieben, mit den vier vorher ausgeschiedenen elf große Klimagruppen. Von einigen kleineren Nebenformen spreche ich später.

In der Karte sind diese elf Klimagruppen zum leichten Auffinden in der Legende mit den Ziffern 1 bis 11 bezeichnet, vom Äquator zu den Polen fortschreitend. Ihre Beziehungen zueinander lassen sich durch die folgende Schreibweise verdeutlichen, in der die Buchstaben A bis F die Gürtel bezeichnen — außer den besprochenen den Tundrängürtel E und den Gürtel ewigen Frostes F. Diese sind auf der Nordhalbkugel sämtlich vertreten, auf der südlichen fehlt D und ist dafür F sehr ausgedehnt. Der zweite Buchstabe in der folgenden Zeichenreihe bedeutet bei B den Grad der Trockenheit (S = Steppenklimate, W = Wüstenklimate), bei A, C und D das Vorhandensein und die Lage der Trockenzeit (s = Haupttrockenzeit im Sommer, w = im Winter, f = beständig feucht, d. h. Regen in allen Monaten).

Zone	Zeichen	Erklärung
1. Tropische Regenklimate . . .	Af = Tropische Regenwaldklimate.	
2. " " " " . . .	Aw = Savannenklimate.	
3. Trockne Klimate . . .	BS = Steppenklimate.	
4. " " " " . . .	BW = Wüstenklimate.	
5. Warmgemäßigte Regenklimate	Cw = Warme winterlockne Klimate.	
6. " " " " . . .	Cs = Warme sommertrockne Klimate.	
7. " " " " . . .	Cf = Feuchttemperierte Klimate.	
8. Subarktische Klimate . . .	Df = Feuchtwinterkalte Klimate.	
9. " " " " . . .	Dw = Trockenwinterkalte Klimate.	
10. Schneeklimate . . .	E = Tundrenklimate.	
11. " " " " . . .	F = Klimate des ewigen Frostes.	

Die ständig feuchte (f) und die im Winter trockne (w) Klimaform sind also in den Gürteln A, C und D vertreten, die sommertrockne (s) dagegen (wesentlich) nur im mesothermen oder warmgemäßigten Gürtel C beider Halbkugeln¹⁾.

¹⁾ Dies gilt für das feste Land. Auf dem Nordatlantischen Ozean

Die Klimagruppen 1 bis 4 stellen vier Stufen zunehmender Trockenheit dar, die bei gleicher Wärme den Pflanzenformationen des Regenwaldes, der Savanne, der Steppe und der Wüste entsprechen, wie dieses anschaulich für Westafrika von Rud. Müller auf Tafel 11 der Geographischen Zeitschrift von 1909 dargestellt ist. Im einzelnen sind freilich die Gründe für den Wechsel von Gräsern, Stauden und Gesträuch noch recht ungenügend bekannt, namentlich tritt Nr. 3 bald mit Grassteppe, bald mit Gestrüpp (Espinal, Scrub) auf. Vor der massenhaften Entwicklung der großen Weidetiere in diesen Klimaten, namentlich in Nr. 2 und 3, schützt sich die Pflanzenwelt in ihnen durch Stacheln, Dornen und ätherische Öle, die in den Waldgebieten, wo diese Tiere nur spärlich vorkommen, nicht nötig sind; vor dem Austrocknen schützt sie sich durch vielerlei sehr eigenartige Einrichtungen.

Für Nr. 5 und 6 ist immergrünes Gebüsch (Maqui) charakteristisch, für 7 bis 9 aber, wie für Nr. 1, hochstämmiger Wald, da auch in 9 die Niederschlagsarmut eines Teiles des Jahres wegen der Kälte dieser Zeit nicht die Wirkungen von Dürre hervorzubringen vermag, mit Ausnahme des südlichsten Teiles vom Gebiet. Nr. 10 ist baumlos, Nr. 11 überhaupt pflanzenlos.

An Farben wähle ich in der Karte für Wärme Rot, Kälte Blau und Trockenheit Gelb; für die Übergänge Mischfarben, und zwar bei steter Feuchtigkeit Rosa und Violett, bei periodischer Trockenheit Braun, Grün und Grau.

Ich habe im Beginn dieses Aufsatzes mit Absicht zur Benennung der großen Klimagruppen Fremdwörter gewählt, weil sie sich eher an feste Definitionen binden lassen und weniger leicht in abweichender Weise gedeutet werden, als deutsche Benennungen. Ich selbst aber werde diese Namen kaum gebrauchen, nachdem erst die Abgrenzungen möglichst scharf festgestellt sind. In meiner eingangs erwähnten ersten Klassifikation habe ich versucht, für die 23 dort unterschiedenen Klimate das in der Geologie so erfolgreich durchgeführte System der Bezeichnung nach hervorragenden Vertretern der betreffenden Formation anzuwenden. Der Versuch hat keinen Anklang gefunden, und da eine Terminologie, die nicht angewandt wird, zwecklos ist, so verzichte ich hier auf diese Bezeichnungsweise und werde sie nur für Unterabteilungen der genannten Hauptgruppen gelegentlich gebrauchen, wo sie bequem erscheint.

Sehen wir uns nun nach möglichst bezeichnenden und zugleich möglichst leicht feststellbaren Abgrenzungen für die unterschiedenen elf Klimagruppen um! Ich will diesmal weniger, als 1901, den pflanzengeographischen Gesichtspunkt herrschend sein lassen, um die Klassifikation reiner klimatologisch zu machen; aber auch in der neuen, unmittelbarer auf den Menschen zugeschnittenen Gliederung glaube ich der

reicht das sommertrockne Gebiet über die Januarisotherme 18° hinaus, so daß ein Klima As entsteht.

Pflanzendecke, als dem Gewebe, in das das Tier- und Menschenleben hineingewirkt ist, den in erster Linie bestimmenden Platz erhalten zu sollen.

In seinem eingangs genannten Aufsatz unterscheidet Penck nach dem Verhalten des Niederschlags folgende drei große Klimareiche:

I. Das *humide*, in dem mehr Niederschlag (N) fällt, als durch die Verdunstung (V) entfernt werden kann, so daß ein Überschuß in Form von Flüssen (F) abfließt: $N - V = F > 0$.

II. Das *nivale*, in dem mehr schneeiger Niederschlag (S) fällt, als die Ablation (A) an Ort und Stelle entfernen kann, so daß eine Abfuhr durch Gletscher (G) erfolgen muß: $S - A = G > 0$.

III. Das *aride*, in dem die Verdunstung allen gefallenen Niederschlag aufzehrt, und noch mehr aufzehren könnte, also auch einströmendes Flußwasser zu entfernen vermag: $N - V < 0$.

Die Grenze zwischen I und II ist die bekannte Schneegrenze, wo $S = A$ ist. Die Grenze zwischen I und III bezeichnet Penck als die Trockengrenze; für sie muß, der Definition nach, $N = V$ sein.

Die Schneegrenze scheidet die beständig unter Schneedecke liegenden Gebiete von den zeitweilig frei (aper) werdenden. So viel auch über sie gearbeitet worden ist, sind wir nach Pencks Worten »heute noch recht weit von einer genauen Kenntnis der meteorologischen Einzelemente entfernt, welche die Lage der Schneegrenze bestimmen. Sie ist ein Produkt aus verschiedenen, noch nicht hinreichend gekannten Faktoren«. Es ist leicht einzusehen, daß unter diesen die winterliche Schneemenge und die sommerliche Wärme die wichtigsten sind.

Für unsern Zweck können wir uns mit dem einen Hauptfaktor, der Sommerwärme, begnügen und die Grenze unserer Kryochore oder der Schneeklimate im engsten Sinne dahin legen, wo die Mitteltemperatur auch des wärmsten Monats nur eben 0° erreicht, also alle Vorgänge sich bei Lufttemperaturen mehr oder weniger tief unter Null abspielen. Daß diese niedrigen Temperaturen sich auch bis in große Tiefen der aus dem Schneefall entstehenden Eiskappen dieser Länder erstrecken und das Eis dieser Gletscher dennoch in schnellem Fließen ist, haben die Messungen von Koch und Wegener im grönländischen Binneneis gezeigt. Dieselbe Grenze habe ich auch 1901 für das »Reich des ewigen Frostes« (F) angenommen. Jenseits des südlichen Polarkreises nimmt dieses Reich einen gewaltigen Raum ein.

Für die Untersuchung der »Trockengrenze« ist bisher noch viel weniger geschehen. Nach Penck ist das Verhältnis zwischen Niederschlag (N) und Abfluß (F) in humiden Gebieten derart, daß $F = (N - N_0) \cdot x$ ist, worin N_0 eine für benachbarte Flüsse wenig veränderliche Größe und x einen echten Bruch bedeutet. Dann muß, falls diese Formel eine Extrapolierung gestattet, die Grenze dort liegen, wo $N = N_0$

wird, d. h. der Abfluß aufhört. Diese Größe N_0 ist nun für das mittlere Schweden zu 10 cm, für Mitteleuropa zu 42 bis 43 cm und für Mittelamerika zu 110 cm bestimmt. Nimmt man die betreffenden mittleren Jahrestemperaturen von $t = 1^\circ, 7^\circ$ und 24° als entscheidend für die Erscheinung an, so finde ich $N_0 =$ ungefähr $5(t+1)$ oder $= 4(t+3)$.

Ganz unabhängig davon habe ich für eine Reihe von Punkten folgendes ungefähre Verhalten der äußeren Grenzen der Wüsten und Steppen zu den Jahresmitteln der Niederschlagsmenge und der Temperatur bestimmt und der Karte Tafel 10 zugrunde gelegt, wobei ich der Einfachheit halber, von vornherein die Regenmenge der Steppengrenze auf das Doppelte von jener der Wüstengrenze angesetzt habe¹⁾:

Temperatur	$> 25^\circ$	$25-20^\circ$	$20-15^\circ$	$15-10^\circ$	$10-5^\circ$	$5-0^\circ$
Regen-) Wüstengrenze (N_w)	32	29	26	23	20	16
menge) Steppengrenze (N_s)	64	58	52	46	40	32

Das entspricht den ungefähren Gleichungen $N_w = \frac{2}{3}(t+20)$ und $N_s = \frac{4}{3}(t+20)$, N_w und N_s als die Niederschlagsmenge an den äußeren Grenzen der Wüsten und Steppen verstanden; also einem weit geringeren Einfluß der Temperatur, als für N_0 gefunden wurde. Innerhalb der Grenzen der Genauigkeit könnte man auch $N_w = t+10$ und $N_s = 2(t+10)$ setzen, und auch die Karte würde dadurch nicht wesentlich verändert werden. Immer aber bliebe N_s noch weit ab von dem Ausdruck für N_0 . In der Praxis scheint sich dieses nicht so sehr bemerkbar zu machen, denn in einem Briefe vom 16. November 1910 schrieb mir Prof. Penck das Folgende: »Ich habe den Versuch gemacht, meine Klimaklassifikation auf einer Erdkarte darzustellen. Dabei habe ich die semiariden Gebiete gegen die semihumiden in der Weise gegeneinander abgegrenzt, daß die Trockengrenze die Gebiete voneinander scheidet, in welchen Flüsse entstehen und nicht mehr entstehen. Indem ich dies tat, kam ich zu einer Grenzlinie, die fast genau mit der Abgrenzung Ihrer B-Klimate in der Geographischen Zeitschrift übereinstimmt, nur daß ich das Hochland von Mexiko in seiner Gesamtheit noch dem ariden Klima und nicht einem Hochsavannenklimate zuwies. Damit, glaube ich, ist der Beweis geliefert, daß unsere beiderseitigen Klimaklassifikationen in wesentlichen Stücken übereinstimmen²⁾.«

Die große Nichtübereinstimmung der obigen Formeln scheint

¹⁾ Auf die Temperatur der Jahreszeit, in der der Regen fällt, habe ich hierbei nur insoweit Rücksicht genommen, daß ich bei entschiedenem Sommerregen die geforderte Regenmenge um 30 v. H. größer, bei entschiedenem Winterregen um 30 v. H. kleiner genommen habe. —

²⁾ Die Außengrenze des Xerophilenreiches (oder der B-Klimate) in meiner Darstellung vom Jahre 1901 weicht von derjenigen des Steppenklimas in meiner jetzigen Karte darin ab, daß sowohl in Nord- als in Südamerika längs den Anden das »Hochsavannenklimate« jetzt durch Steppenklima ersetzt ist und am La Plata das »Espinalklimate« (tropische Steppen) trotz der Baumlosigkeit der Gegend auf Grund der großen Regenmengen größtenteils dem hygromesothermen Klima hat weichen müssen. Die merkwürdig geringe Zahl der Regentage gestattete, 1901 dieses Gebiet dem Xerophytenreich zuzuzählen und die Pampas als klimatische Steppen aufzufassen. Diese Frage bedarf noch der Klärung.

darauf hinzudeuten, daß die in vollhumiden Gebieten gewonnenen Größen für N_0 doch wohl nicht mehr für diese Grenzgebiete gültig sind, oder daß andere Einflüsse dabei mitwirken.

Nach H. Keller ist die »Trockengrenze« von der Niederschlagshöhe insofern unabhängig, als sie vielmehr dort liegen soll, wo die Ausfuhr an Wasserdampf aus dem Gebiet gleich ist der Summe der direkten und der mittelbaren Dampffuhr vom Meere ($a = m + e$)¹⁾.

Pencks »semiaride Klimaprovinz« dürfte meiner »Poechore« bzw. dem Gebiet 3 meiner Karte (Steppenklimate) nahe entsprechen. Im Verhalten des Bodens zu den Niederschlägen besitzt sie einen hochwichtigen Zug, der sie von allen übrigen auszeichnet, nämlich die Anreicherung der obersten Bodenschicht mit löslichen Stoffen durch Regenwasser, das zuerst einsickert und dann, in den trocknen Pausen, mit Salzen bereichert zur Oberfläche zurückkehrt, um da zu verdunsten. Diese Wanderung von Bodenwasser und die dadurch bedingte Bildung harter Krusten fehlt in den »vollariden« Wüstenklimate, weil in ihnen der Boden überhaupt nicht durchfeuchtet wird. Den Wüsten fehlt daher eine »Panzerung« gegen den Wind, wie sie die Steppen durch Krusten und die feuchten Gebiete durch Benetzung und Pflanzendecke besitzen. Daher die »Deflation« der feinen Bestandteile des Bodens aus den Wüsten und deren Ablagerung als Löß in deren Randsteppen.

In mehreren älteren Darstellungen (Atlanten der Seewarte u. a.) habe ich als Grenze der regenarmen Landschaften sechs Regentage im regenreichsten Monat angenommen; in der eingangs genannten Arbeit diese Grenze für das Wüstenklimate und elf Tage im regenreichsten Monat als Grenze von Steppen- und Waldklimate; in letzterer Quelle habe ich daneben den Quotienten aus Regenmenge in Maximalspannung des Wasserdampfes benutzt, und diesen zu 2,2 an der Wüsten- und 4,0 an der Steppengrenze gefunden. Wo beiderlei Bestimmungen möglich waren, habe ich das Mittel benutzt; auf das Auseinandergehen beider in Argentinien habe ich dort bereits hingewiesen. Martonne²⁾ bezeichnet einen Monat, dessen Regenmenge in Zentimetern weniger als doppelt so viel als seine Temperatur in °C beträgt, als »praktisch trocken« und scheint für das Wüstenklimate mindestens acht solcher Monate zu verlangen.

¹⁾ H. Keller: Ursprung und Verbleib des Festlandsniederschlags. (Jb. f. d. Gewässerl. Norddeutschlands, bes. Mitt. Bd. II, 1914, Nr. 7, S. 26 bis 30 [Selbstref. des Verf. in Met. Z. 1914, S. 297].) Nach K. hängt der Teil der Niederschläge, der aus der Verdunstung vom betreffenden Landgebiet selbst stammt, bei reichlichen Niederschlägen nicht mehr von deren Größe, wohl aber von der Temperatur ab nach der ungefähren Gleichung $l = 4(t + 4,6)$, vgl. a. a. O. S. 11, 1 in cm. Die Jahressummen des Niederschlags sollen oberhalb einer Schwelle, die für kalte Flußgebiete etwa bei 36 cm, für gemäßigt warme etwa bei 85, für tropische etwa bei 185 cm liegt, nur durch Zunahme der Dampffuhr vom Meere (m) wachsen. — ²⁾ A. a. O. S. 206. Durch offenbaren Schreibfehler sind die als Beispiele bei ihm angeführten Regenmengen zehnfach zu klein.

Innerhalb des weiten Bereichs der Baum- oder Regenklimate finden wir eine große Mannigfaltigkeit je nach der mit wachsender Breite und Höhe abnehmenden Temperatur, der mit wachsender Breite und Kontinentalität wachsenden jährlichen Schwankung derselben, und dem Eintreten trockner Jahreszeiten. In der Pflanzenwelt drückt sich diese Mannigfaltigkeit vor allem im Eintreten von Ruhezeiten, teils Kälte-ruhe, teils Trockenruhe, aus.

In bezug auf die Temperatur liegt das entscheidende Moment für die organische Welt, einschließlich des Menschen, in niederen Breiten im Fehlen des Winters, in hohen im Fehlen einer genügend warmen Jahreszeit. Weder extreme Sommerhitze, noch extreme Winterkälte, zeigt einen ähnlich deutlichen Einfluß. Gegen die Extreme schützt sich die Pflanze durch Ruhezustände. Für die Grenze der heißen (megathermen) Zone wähle ich deshalb eine Isotherme des kältesten Monats, und zwar zeigt sich $+18^\circ$ am brauchbarsten dazu; für die Grenze der gemäßigten gegen die kalte oder Tundrenzonen aber eine solche des wärmsten Monats, und zwar die schon besprochene von $+10^\circ$.

Für die Scheidung zwischen wärmerer und kälterer gemäßiger (mesothermer und mikrothermer) Zone habe ich in meiner Arbeit von 1901 in kontinentalen Klimate die wärmere Jahreszeit, in maritimen dagegen die kältere entscheiden lassen. Nachdem Penck aber mit Recht die Wichtigkeit des regelmäßigen Auftretens einer Schneedecke von mehreren Wochen Dauer hervorgehoben hat, nehme ich die dafür bezeichnende Isotherme -2° des kältesten Monats als solche Hauptscheide. Dabei stellt sich die interessante Tatsache heraus, daß sich eine mikrotherme Zone in diesem Sinne nur auf der nördlichen Halbkugel auftritt, auf der ozeanischen südlichen aber fehlt, weil dort die 10° -Isotherme des wärmsten Monats weiter vom Pol liegt, als die Isotherme von -2° des kältesten (Kap Horn: Januar 9,1, Juli $-0,1$). Diese Zone kann also als die ausschließlich subarktische bezeichnet werden. Ein hervorstechender Zug derselben ist das durch die Schneeschmelze bedingte Frühlingshochwasser ihrer Ströme¹⁾. Von den sibirischen Strömen macht nur der Amur eine Ausnahme hiervon, dessen von den Sommerregen der Klimate Dwa bis Dwc gespeiste Hochwasser den russischen Ansiedlern peinliche Überraschungen bereitet.

Das zweite Moment, das Auftreten niederschlagsfreier Jahreszeiten, spielt eine große, aber in den verschiedenen Zonen verschiedene Rolle. In niederen Breiten, wo die jährliche Schwankung der Temperatur gering ist, ist es praktisch unwesentlich, in welche Monate die Trockenzeit fällt; nur ihre Dauer und Intensität, sowie der von der Regenzeit über-

¹⁾ Im trocken Sommer der Cs-Klimate versiegt ein großer Teil der kleineren Bäche überhaupt. Auch in den Cf-Klimate fällt der höchste mittlere Wasserstand der Flüsse, soweit sie nicht von Gletschern gespeist werden, meistens in die kalte Jahreszeit, auch dort, wo die größere Regenmenge im Sommer fällt. Der Unterschied ist jedoch nicht groß und wird durch die Verdunstung bedingt.

kommene Wasservorrat im Boden ist entscheidend. Es genügt also, ein ständig feuchtes (hygromegathermes) äquatoriales Urwaldklima von einem andern zu unterscheiden, das ein oder zwei ausgesprochene Trockenzeiten im Jahreslaufe aufweist und das ich 1901 als Baobabklima, jetzt als xeromegathermes oder Savannenklima bzw. solche Klimagruppe bezeichne. Als Merkmal dafür habe ich damals mindestens zwei Monate »wirklicher Trockenzeit«, mit < 6 Regentagen im Monat angenommen, in der jetzt vorgelegten Karte aber, in der ich mich auf Regenmessungen stützen wollte, die weiter unten angegebenen Grenzen.

Komplizierter wird die Anordnung in der mesothermen Zone, weil hier es schon einen wesentlichen Unterschied macht, ob die niederschlagsarme Zeit in die kalte oder in die warme Jahreszeit fällt. Wir bekommen so in dieser Zone, in der die Mitteltemperatur des kältesten Monats zwischen 18° und -2° liegt, drei charakteristische Klimagruppen: die hygromesotherme oder feuchttemperierte, die xerochimen mesotherme oder wintertrockne und die xerother mesotherme oder sommertrockne. Das letztere ist das längstbekannte Klima der Mittelmeerküsten, das sich ja in höchst charakteristischer Weise an den Westküsten anderer Festländer in gleicher Breite wiederholt — in Kalifornien, Chile, am Kap und in Südwestaustralien. Sie sind, namentlich früher, vorzugsweise als subtropische Klimate bezeichnet worden, doch wird dieser Ausdruck auch für andere mesotherme Klimate gebraucht. Als Grenze habe ich in der früheren Arbeit auch hier für den trockensten Sommermonat weniger als sechs Regentage verlangt; in der neuen Karte habe ich für ihn eine Regenmenge von höchstens einem Drittel derjenigen des regenreichsten Monats der kälteren Jahreszeit angesetzt.

Die beiden andern mesothermen Klimagruppen decken sich nicht mit solchen meiner älteren Klassifikation. Um die vorhandenen Symmetrien möglichst deutlich hervortreten zu lassen, habe ich damals auf den Gegensatz zwischen den Regen zu allen Jahreszeiten in den östlichen Vereinigten Staaten sowie in Neusüdwaales und den regenarmen Wintern Chinas und ähnlicher Klimate weniger Gewicht gelegt, als ich es jetzt im rein klimatologischen Sinne tun zu sollen glaube; denn in bezug auf Pflanzenwuchs ist die Verwandtschaft dieser Länder immerhin bedeutend. Die Grenze zwischen diesen Klimaten habe ich jetzt auf der Karte dorthin gelegt, wo der regenreichste Monat der wärmeren Jahreszeit zehnmal soviel Regen bringt, wie der trockenste der kälteren. Wegen der verschiedenen Verdunstung mußte das Verhältnis hier soviel höher gegriffen werden, als beim Gebiet der Winterregen. Wie die östlichen Unionstaaten, so mußte ich jetzt auch die Pampas des La Plata wegen ihrer beträchtlichen Regenmengen in allen Monaten der feuchttemperierten Klimagruppe zuweisen.

Die Grenze der folgenden, mikrothermen, Klimagruppe nach der äquatorialen Seite stimmt mit derjenigen von Pencks subnivalem Klima überein. Nach der Polseite aber fällt sie

bei mir mit der Baumgrenze, bei Penck teils mit der Grenze des Bodeneises, teils mit derjenigen des ewigen Schnees bzw. der seminivalen Provinz des nivalen Reiches (in der die Schneedecke zeitweise von Regen getroffen wird) zusammen.

Innerhalb des winterkalten Gürtels D, der so nur auf der nördlichen Halbkugel vorhanden ist, besteht ein zwar im Pflanzenwuchs nicht hervortretender, aber klimatologisch sehr interessanter Gegensatz zwischen den trüben Wintern des größten Teiles, insbesondere Nordeuropas, und dem klaren Winterhimmel des kontinentalen Ostsibiriens und der Mandchurei. Während bei uns der Sommer, trotz seiner größeren Niederschlagsmenge, die nicht nur an Sonnenschein, sondern überhaupt an Strahlung reichere Jahreszeit ist, ist dies im transbaikalischen Klima umgekehrt, so daß dieses das wertvolle *experimentum crucis* ist, das die Natur uns für manche Erscheinungen zum Vergleich mit dem Klima Europas bietet, z. B. für die Häufigkeitsverteilung der Temperaturen (vgl. Meteor. Zeitschr. 1888, S. 234). Wie das Klima der heißen Wüsten das Äußerste an Wirkungen der Einstrahlung hervorbringt, so tut es das jakutische Klima an solchen der winterlichen Ausstrahlung.

Die Grenzen der beiden letzten Klimazonen, der Tundren- oder hekistothermen Zone und der Zone des ewigen Frostes, sind dieselben geblieben wie in meiner älteren Arbeit: die Isothermen des wärmsten Monats von 10° und 0° ; über sie habe ich oben schon gesprochen.

Die Temperaturzonen schlingen sich, abgesehen von den Gebirgen, als zusammenhängende Gürtel um die Erde. Auch die Trockengebiete ordnen sich in zwei zwischen den megathermen und die mesothermen Gürtel beider Halbkugeln eingeschaltete Gürtel, die aber an den Ostseiten der Kontinente und über den daranschließenden westlichen Teilen der drei Weltmeere unterbrochen sind, so daß dort die megathermen in die mesothermen Regenklimate übergehen ohne die seit dem Altertum bekannte Begrenzung der mesothermen Zone an ihrer äquatorialen Seite durch die Wüste.

Da die Steppen die Wüsten umgeben und nicht als Breitenzone von diesen geschieden sind, so fassen wir beide zu je einem Trockengürtel auf jeder Halbkugel zusammen, während das von mir eingangs als analoges Übergangsgebiet zu den Schneewüsten bezeichnete Tundrenklima wenigstens auf der südlichen Halbkugel rings um die Erde polwärts in das Gebiet des ewigen Frostes — die Kryochore — überführt und diese beiden also als getrennte Zonen behandelt werden können. Es kommt hinzu, daß die Wüste — die Xerochore — lange nicht so lebensfeindlich ist, wie die Kryochore, da in ihr jeder ausnahmsweise Regenguß Keime zu wecken und künstliche Bewässerung sogar die reichsten Ernten zu liefern vermag.

IV. Weitere Gliederung. Die Klimaformel.

Knüpfen wir nun, um in der Unterscheidung der Klimate einen Schritt weiter zu tun, an die oben S. 196 zur Kenn-

Gluthitze des benachbarten Binnenlandes; zur Nebelbildung kommt es aber dabei nicht. An Küsten dagegen, wo durch kalte Strömung oder aufquellendes Tiefenwasser das Meer am Ufer viel kühler ist, als sowohl das Binnenland wie die hohe See, und zwar Temperaturen zwischen 12° und 20° aufweist, da führt, zumeist in der kühleren Jahreszeit, die hohe Luftfeuchtigkeit so häufig zur Nebelbildung, daß diese zum Hauptcharakterzug wird. Das ist vor allem so an den Küsten von Peru und Nordchile in $5-22^{\circ}$, sowie von Deutsch-Südwestafrika in $15-33^{\circ}$; auch von weiter nördlich, von Loango, ist der »Cacimbo« fast ebenso bekannt, wie die »Garua« von Peru. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse, jedoch mit weniger starker Nebelbildung, an den Küsten von Südkalifornien, Marokko und an der Südostseite der Somali-Halbinsel. Für das schwüle Dampfwüstenklima Bp kann Massaua, für seine mildere Form Bp' die Küste von Gabes bis Alexandrien, für das Klima der Wüstenküstennebel Bn Swakopmund und für dessen schwächere, seltener zu Nebeln führende Ausbildung Bn' Mogador als Vertreter gelten. Nach dem Binnenlande zu nimmt die Hitze und die Sonnenstrahlung sehr schnell zu.

4. In der Nähe des 40. Breitengrades (etwa 45° in Europa, 39° in Nordamerika, 37° in Australien und 34° in Südafrika), dort, wo sich das Steppenklimate mit dem feuchttemperierten oder mit dem mesotherm sommerdürren Klimate berührt, finden wir auf kleineren Räumen Klimate, die sich nicht recht in eine der großen Abteilungen einreihen lassen und die trotz ihrer Unbestimmtheit deutliche Verwandtschaftszüge zueinander zeigen. In meiner Klassifikation von 1901 habe ich sie zum Teil als Maisklimate zusammengefaßt. In allerlei Variationen zeigen sie Regenmaxima im Frühsommer und Herbst und trockenen, heiteren Spätsommer. Sie zeigen Anschluß einerseits an die Sommerregen der benachbarten polaren Teile des Steppengebiets, andererseits an das Etesienklimate, dessen Winterregenzeit sich nach den Rändern zum Teil spaltet, und durch die Abwesenheit einer ausgesprochen trockenen Zeit auch an das feuchttemperierte Klimate Cf; auf der Karte sind sie im Kolorit zu letzterem geschlagen. Hierher gehören die Klimate von Kastilien, Mittelfrankreich, der Poebene, Kroatiens, der ungarischen und rumänischen Tiefebene, sowie Grusiens, im Kapland das der Südküste und Südkaroo, in Australien das von Viktoria, ferner in einer oder der andern Form dasjenige eines großen Teils des Innern der Vereinigten Staaten. Die jährliche Regenverteilung in den Prärien hat Ähnlichkeit mit derjenigen in den südrussischen Steppen. Den »Missouri-Typus« mit Maximum des Regenfalls im Ausgang des Frühlings und im Frühsommer erklärt Greeley für den wichtigsten in den Vereinigten Staaten wegen seiner Bedeutung für den Ackerbau. Er hebt sich scharf ab vom mexikanischen, der starke Regen erst nach der Sommersonnwende und große Trockenheit im Spätfrühling bringt.

Auch in der Temperatur bieten diese Gebiete Übergangsverhältnisse, insofern als die Temperatur in den nordischen Petermanns Geogr. Mitteilungen. 1918, September/Oktoberheft.

im Januar nahe an -2° liegt und sie sowohl im Norden als im Süden im wärmsten Monat der Isotherme 22° nahe kommt, die wir noch als Grenze zweiter Ordnung kennen lernen werden. Die Wintertemperatur freilich ist am Kap und in Viktoria 12 bis 16° höher.

Nur geringe Anklänge an diesen Klimatypus weist Südamerika auf, hauptsächlich in dem doppelten Regenmaximum in Uruguay. Aber auch das ganze La Plata-Gebiet stellt der Einordnung in das große Klimaschema ähnliche Schwierigkeiten entgegen; denn als »feuchttemperiert«, wie es auf der Karte bezeichnet ist, muß es zwar nach seinen Regengängen gelten, diese fallen aber in Güssen auf so wenige Tage verteilt, daß an der Baumlosigkeit der Pampas doch wohl Wassermangel stark beteiligt ist; nach der Regenhäufigkeit müßte man ihnen Steppenklimate zuschreiben, zumal ihnen eine eigentliche Regenzeit fehlt, bei deren Vorhandensein der Baumwuchs mit viel geringeren Jahresmengen auskommt, besonders, wenn sie in die kühleren Jahreszeit fällt. In der Tat fallen in den Pampas durchschnittlich 15 bis 20 mm an einem Regentag, während in den südrussischen Steppen, für deren Trockenheit gleichfalls dieser Fall des Regens in Güssen öfters verantwortlich gemacht wird, auf einen sommerlichen Regentag nur 7 mm kommen. Eine Ähnlichkeit bietet sich in derselben Breite in Nordamerika, wo in Arkansas und Umgebung 12—15 mm an einem Regentag fallen¹⁾, bei mäßigem Gesamtregenfall und bei nur 10 Regentagen im Monat.

Auf der Karte sind die Klimate dieser zwei Nebenformen mit x und x' kenntlich gemacht, und zwar ist das x nicht nur bei C, sondern auch bei den verwandten Formen in B und D vermerkt worden.

Führen wir ferner, um zu einer genaueren Kennzeichnung der Klimate zu gelangen, außer diesen Nebenformen auch Unterabteilungen in den großen elf Hauptgruppen ein, die wir ebenfalls mit Zeichen aus der oben gegebenen Liste Seite 200 belegen, so kommen wir zu Klimaformeln, die Natur und Verwandtschaft der Klimate in ähnlicher Weise kurz ausdrücken, wie die chemischen Formeln diejenige der Stoffe. Wie weit man darin gehen will, hängt natürlich in der Klimatologie, wo man überall Mannigfaltigkeit und Übergänge findet, vom Gutdünken und vom Zweck ab, den man verfolgt. Daß es aber wohl der einfachste Weg ist, um sich in dieser verwirrenden Mannigfaltigkeit zurechtzufinden und Verwandtes zu verknüpfen, steht für mich außer Zweifel. Das umstehende Schema mag hier genügen, läßt sich aber nach Bedarf auch weiterbilden. Zum Vergleich setze ich mein altes Schema daneben.

Völlig oder fast völlig übereinstimmend sind folgende Klimate meines alten Schemas mit den jetzigen: A1 = Af + Am, A2 = Aw + As, B1 = Bn + Bn', B2 = BWh, B3 = BShw, B4 = BShs, B5 = BSk', B6 = BWk, B7 = BSk, C4 = Csa, C5 = Csb, E1 + E2 = E, E3 + E4 = EH, F = F. Dagegen sind C1—3, C6—7 und D1—3 jetzt anders geteilt.

¹⁾ Met. Zeitschr. 1905, S. 198.

Neues Schema 1917				Altes Schema 1901	
Karte	Zeichen	Nebenformen	Unterabteil.	Zeichen	Klima
1	Af	Am	} s, s', s'' } w, w', w''	A1	Lianen
2	Aw	As		A2	Baobab
3	BS	} Bn, Bn', } Bp	} h, k, k' (s, w)	B3, B4, B5, B7	Espinal, Tragant, Patagonien, Prairien
4	BW			B2, B6 (B1)	Samum, Buran (Garua)
6	Cs	—	a, b	C4, C5 . . .	Oliven, Eriken
5	Cw	} Cx, Cwi, Cfi	} a, b (g)	C1, C2, C3,	Camellien, Hickory, Mais
7	Cf			C6, C7 und	Hochsavannen, Fuchsien
8	Dw	} —	} a, b, c	D1, D2, D3	Eichen, Birken, Antarktische Buchen
9	Df			E1, E2, E3, E4	Eisfuchs, Pinguin, Yak, Gensen
10	E	Ei, EH		F	ewiger Frost
11	F	Fi, FH			

In der heiklen Frage der Namengebung will ich mich kurz fassen. Für die Klimagruppen 1—4 der Karte dürfte die Bezeichnung nach den darin vorherrschenden Pflanzengemeinden am ehesten Aussicht auf Annahme haben: dem tropischen Regenwald (Schimper¹⁾), der Savanne, der Steppe und der Wüste. Als gemeinsame Bezeichnung der beiden letzteren Gruppen, also der Trockenzone B, scheint das Wort »aride« ziemlich international zu sein; Pencks semiarides Klima dürfte meinem Steppen-, sein vollarides meinem Wüstenklima entsprechen. Für die Gruppe 6 der Karte oder Cs braucht Hettner das Wort »Etesienklima«. Sind diese sommerlichen Nordwinde auch nicht ein allgemeiner und entscheidender, so sind sie doch für bedeutende Teile ein recht bezeichnender Zug dieses Klimas. Doch sollte man das Wort jedenfalls nur auf Klimate mit trockenem und heiterem Sommer — xerother mesotherme — anwenden und nicht wie Drude²⁾ auch auf die feuchten Sommer Neuseelands und der südöstlichen Vereinigten Staaten, die mit Etesien gar nichts zu tun haben. Das Kolorit 7 der Karte mit den Gruppen Cf und Cfi, die auch mein altes Fuchsienklima in sich fassen, können wir, wie Schimper es in seiner ausgezeichneten Pflanzengeographie tut, als feuchttemperierte Klimate bezeichnen.

Diejenigen Klimate, die »endemisch« nur in einem Erdteil vorkommen, können wir unbedenklich nach diesem nennen, so Dwa als mandchurisches, Dw b als Amur-, Dwc als nertschinskisches, Dwd als jakutisches und Dfa etwa als Siouxxklima; die ganze Dw-Gruppe, wo nötig, als transbaikalische bezeichnen, und die ganze D-Zone, da sie nur auf der Nordhalbkugel vorkommt, als subarktische.

Wenn wir weiter Cfb als Buchenklima, Dfb als Eichenklima und Dfc als Birkenklima bezeichnen, so schließen sich diese Ausdrücke so ungezwungen an jedermann bekannte Charakterbäume an, daß sie wohl auf Anwendung hoffen dürfen. Auch Dw b ist ein Eichenklima, jedoch mit Strahlungswintern. Um auch für Cfa einen kurzen Namen zu haben, ist »virginische Klimate« vielleicht annehmbar, da diese dort zuerst von den Europäern kennen gelernt wurden.

¹⁾ Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena 1911. —

²⁾ Ökologie der Pflanzen.

Als Seitenstück zu dem durchaus bezeichnenden Ausdruck »Tundrenklima« für E scheint für diejenigen zwischen Baum- und Schneegrenze in Gebirgen, EH, das Wort »Almenklima« passend, da es zugleich eine damit zusammenfallende sehr verbreitete Wirtschaftsform andeutet. Für die letzte Hauptgruppe, F, hat wohl der von Penck gebrauchte Ausdruck »nivales Klima« Aussicht auf Annahme. Diese Gruppe schließt übrigens auch sein »seminivales Klima« ein.

Die Verwendung der Klimaformel möge durch einige Beispiele näher veranschaulicht sein. Sie lautet für Greytown (Nicaragua) Afw''i, für San José (Cost.) Aw''i. Dies besagt, daß an beiden Orten die mittlere Temperatur aller Monate über 18° liegt und der Temperaturunterschied der extremen Monate kleiner als 5° ist; beide Orte müssen ferner eine doppelte Regenzeit im Frühsommer und Spätherbst haben, mit einem zweimaligen Nachlassen der Regen, einem größeren im Winter oder Frühling der Halbkugel, und einem geringeren (»veranillo«) in deren Sommer oder Herbst. Aber nur in San José ist, wie die Formel sagt, mindestens die größere dieser Regenspauzen eine wirkliche Trockenzeit, Greytown dagegen hat heißfeuchtes Regenwaldklima zu allen Jahreszeiten (d. i. in keinem Monat weniger als 6 cm Regen).

Nehmen wir ein anderes Doppelbeispiel. Die Formel für Agra (Indien) lautet Cwag, die für Neapel Cs'a. An beiden Orten liegt also das Temperaturmittel des kältesten Monats zwischen 18° und —2° und das des wärmsten über 22°. Agra hat eine Trockenzeit im Winter, Neapel eine im Sommer und beide haben ein einfaches Regenmaximum, das in Agra in den Sommer fällt, in Neapel aus dem Winter gegen den Herbst verschoben ist; endlich zeigt der Buchstabe g bei Agra, daß der wärmste Monat noch vor die Sommersonnwende fällt, während das Fehlen eines solchen Buchstaben bei Neapel schließen läßt, daß es hier normal, d. h. etwa ein Monat nach dem höchsten Sonnenstande eintritt.

Ein drittes Doppelbeispiel sei Haparanda = Dfc und Jakutsk = Dwd. Die Formeln sagen, daß an beiden Orten die Temperatur des kältesten Monats unter —2° und die des wärmsten zwischen 10 und 22° liegt, sowie daß an beiden weniger als vier Monate eine Temperatur über 10° haben; in Jakutsk ist der Winter arm an Niederschlägen und vorwiegend heiter, die Temperatur des kältesten Monats ist deshalb so niedrig, unter —36° (so niedrig, wie nirgends außerhalb Ostsibiriens); in Haparanda bringen dagegen alle Jahreszeiten häufige Niederschläge und ist der Winter nicht so kalt.

Als letztes Beispiel betrachten wir Swakopmund BWkn und Windhuk BShw. Danach hat ersteres kühles Wüstenklima ohne Regen, aber mit häufigem feuchtem Nebel, letzteres heißes Steppenklima mit Trockenzeit im Winter. Das Jahresmittel der Temperatur liegt bei ersterem unter, bei letzterem über 18°. In Wirklichkeit ist Swakopmund fast ganz regenlos (2 cm), Windhuk liegt mit 38 cm Sommerregen und 19° jenseits der Wüstengrenze, die hier bei 19 + 10 = 29 cm fallen soll.

Man sieht aus diesen Beispielen, daß die kurzen, nur aus drei oder vier, zudem nur einem ganz kleinen Vorrat entnommenen, Buchstaben bestehenden Formeln immerhin eine Menge wichtiger, für Menschen-, Tier- und Pflanzenleben entscheidender Tatsachen enthalten und sich nach Bedarf weiter bilden lassen.

In der folgenden Liste mögen für jedes der unterschiedenen Klimate Beispiele aus verschiedenen Erdteilen angeführt sein:

1. Afw = Kamerun, Seychellen, Batavia, Simsonhafen, Samoa.
 Afw' = Mauritius, Südostcelebes, Neuhebriden, Porto Rico, Para.
 Afw'' = Daressalam, Colombo, Nordcelebes, Greytown, Jamaika, Iquitos.
 Afs = Amboina, Finschhafen, Pernambuco.
 Afs' = Ostceylon.
 Amw = Bombay, Akyab. — Amw' = Aparri (Philippinen). —
 Amw'' = Tenasserim.
2. Aw = Senegal, Mosambik, Kalkutta, Manila, Pt. Darwin, Marquesas, Mazatlan, Veracruz, Cuyaba.
 Aw' = Madras, Neukaledonien, Matamoros, Guayaquil, Ceara.
 Aw'' = Bangkok, Guatemala, Panama, Pt. au Prince.
3. BShw = Timbuktu, Khartum, Karatschi, Phönix Ar., Windhuk, Alice Springs, San Luis (Arg.).
 BShs = Gabes, Baku, Tulare (Cal.), Calvinia, Pt. Augusta.
 BSk = Odessa, Barnaul, Denver (Kol.). — BSk' = Chubut.
 Bn = Swakopmund, Iquique. — Bn' = Agadir. — Bp = Massaua, Buschir. — Bp' = Alexandrien.

4. BWh = Kairo, Jakobabad, Ft. Yuma, Warmbad, Strangways (Austr.), San Juan (Arg.).
 BWk = Astrachan, Nukus, Luktschun, El Paso (Tex.), Limay (Arg.).
 BWk' = Santa Cruz (Patag.).
5. Cwag = Delhi, Hongkong, Gondar, Mexiko, Halls Creek (Austr.).
 Cwa = Tsingtau, Kimberley, Mackay (Austr.), Tatuhy (Bras.).
 Cwb = Pietermaritzburg, Neufreiburg (Brasilien).
 Cwi = Addis Abeba, Dodabetta, Baguio (Phil.), Quito.
6. Csa = Neapel, Smyrna, Sacramento, Clanwilliam, Adelaide.
 Csb = Porto, San Francisco, Kapstadt, Valparaiso, K. Borda.
7. Cfa = Nagasaki, Neuorleans, Brisbane¹⁾ (Buenos Aires Cfa').
 Cfb = Hamburg, Melbourne, Auckland, Valdivia, Curitiba.
 Cfx = Mailand, Budapest, Bukarest, St. Louis (Mo.), Pt. Elisabeth.
 Cfi = Chimax (Guat.), Cinchona Plant (Jam.), Bogota.
8. Dfa = Omaha, Cleveland. — Dfb = Riga, Sitka, Montreal. —
 Dfc = Haparanda, Tobolsk, Yukon, Ft. York.
9. Dwa = Peking. — Dwb = Blagowestschensk. — Dwc = Ner-
 tschinsk Hwk. — Dwd = Jakutsk.
10. E = Nowaja Semlja, Tolstoj Nos, Pt. Barrow, Godthaab, Kerguelen, Kap Hoorn.
 EH = Säntis, Pikes Peak, Mt. Washington.
 EHi = Kamerunpik (ber.), Antisana.
11. F = McMurdo-Sund, Gaußstation, Snow Hill.
 FH (berechnet) = Mt. Blanc, Gaurisankar, Mt. Elias, Orizaba, Aconcagua.
 FHi (berechnet) = Kilimandseharo, Chimborazo.

¹⁾ Genauer Cfwa.

(Schluß folgt.)